

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Кафедра фундаментальної математики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету
математики і інформатики

Григорій ЖОЛТКЕВИЧ

30” серпня 2023 р.



Робоча програма навчальної дисципліни
Ріманова геометрія

рівень вищої освіти **бакалавр**

галузь знань **11 – Математика та статистика**

спеціальність **111 – Математика**

освітня програма **« Математика »**

вид дисципліни **за вибором**

факультет **математики і інформатики**

2023/2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету математики і інформатики

29 серпня 2023 року, протокол № 8

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

**Василь ГОРЬКАВИЙ, доктор фізико-математичних наук, доцент,
професор кафедри фундаментальної математики.**

Програму схвалено на засіданні кафедри фундаментальної математики
Протокол від 28 серпня 2023 року № 1.

В. о завідувача кафедри



Сергій ГЕФТЕР

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної) програми «Математика».

Гарант освітньої (професійної) програми



Олександр ЯМПОЛЬСЬКИЙ

Програму погоджено науково-методичною комісією факультету математики і
інформатики
протокол від 29 серпня 2023 року № 1.

Голова науково-методичної комісії



Ольга АНОЩЕНКО

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Ріманова геометрія» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки **бакалавр** спеціальності **111 – математика** освітня програма «Математика»

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Ріманова геометрія» є ознайомлення студентів з базовими конструкціями, методами і теоремами сучасної ріманової геометрії, а також із змістовними прикладами її застосування.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни «Ріманова геометрія» є ознайомлення студентів з теоретичними засадами теорій диференційних, ріманових та афінних структур на багатовимірних многовидах, а також набуття студентами навичок проведення обчислень фундаментальних об'єктів ріманової геометрії.

1.3. Кількість кредитів – **4**

1.4. Загальна кількість годин – **120**

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
За вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	
Семестр	
7-й	
Лекції	
32 год.	
Практичні, семінарські заняття	
32 год.	
Лабораторні заняття	
Самостійна робота	
56 год.	
Індивідуальні завдання	

1.6. Заплановані результати навчання. Завершуючи навчання, студенти повинні:

знати базові поняття ріманової геометрії – гладкі многовиди, тензорні поля на многовидах, ріманові многовиди (довжина кривої, кут між кривими, площа області), многовиди з афінною зв'язністю (коваріантне диференціювання, паралельний перенос, геодезичні лінії), зв'язність Леві-Чівіти, ріманова кривина, кривина Річчі, скалярна кривина, експоненційне відображення, поля Якобі, а також - відповідні фундаментальні теореми ріманової геометрії (формули першої та другої варіації кривої, теорема Шура про простори постійної кривини) та їх застосування в рамках теорії відносності,

уміти обчислювати довжину кривої, кут між кривими, площу області на рімановому многовиді, знаходити коваріантну похідну та проводити операцію паралельного переносу на просторах з афінною зв'язністю, знаходити зв'язність Леві-Чівіти ріманового многовиду, знаходити геодезичні лінії на просторах з афінною зв'язністю та на ріманових многовидах, знаходити ріманову кривину, кривину Річчі, скалярну кривину, секційні кривини ріманового многовиду, знаходити поля Якобі вздовж геодезичних ліній на рімановому многовиді.

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Теми практичних занять	Кількість годин
1	Базові властивості диференційованих многовидів. Методи побудови диференційованих многовидів.	4
2	Розв'язання елементарних задач стосовно базових понять ріманової геометрії.	4
3	Розв'язання елементарних задач стосовно базових понять теорії многовидів з афінною зв'язністю.	4
4	Розв'язання елементарних задач стосовно зв'язності Леві-Чевіта.	4
5	Розв'язання елементарних задач стосовно геодезичних ліній в просторах з афінною зв'язністю та в ріманових просторах.	4
6	Обчислення кривин (секційної, скалярної, Річчі) ріманових просторів. Елементарні властивості просторів сталої кривини.	4
7	Знаходження полів Якобі та спряжених точок на геодезичних.	4
8	Рівняння Ейнштейна. Спеціальні псевдо-ріманові простори загальної теорії відносності.	4
	Разом	32

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Ознайомлення з теоретичними відомостями з теорії диференційних многовидів.	4
2	Ознайомлення з теоретичними відомостями та розв'язання елементарних задач стосовно базових понять ріманової геометрії	8
3	Ознайомлення з теоретичними відомостями та розв'язання елементарних задач стосовно базових понять теорії многовидів з афінною зв'язністю.	5
4	Ознайомлення з теоретичними відомостями та розв'язання елементарних задач стосовно зв'язності Леві-Чевіта.	3
5	Ознайомлення з теоретичними відомостями та розв'язання елементарних задач стосовно геодезичних ліній в просторах з афінною зв'язністю та в ріманових просторах.	5
6	Ознайомлення з теоретичними відомостями стосовно поняття повноти ріманових многовидів.	1
7	Ознайомлення з теоретичними відомостями та розв'язання елементарних задач стосовно кривин (секційної, скалярної, Річчі) ріманових просторів.	6
8	Ознайомлення з теоретичними відомостями та розв'язання елементарних задач стосовно базових понять полів Якобі на ріманових многовидах.	6
9	Ознайомлення з теоретичними відомостями стосовно теореми Бонне та її аналогів/узагальнень в рімановій геометрії.	2
10	Ознайомлення з теоретичними відомостями стосовно теореми Картана-Адамара та її аналогів/узагальнень в рімановій геометрії.	2
11	Ознайомлення з теоретичними відомостями стосовно теорем порівняння в рімановій геометрії.	6
12	Ознайомлення з теоретичними відомостями стосовно поняття радіусу ін'єктивності ріманових многовидів.	4
13	Ознайомлення з теоретичними відомостями щодо застосування методів ріманової геометрії в спеціальній та загальній теорії відносності.	4
	Разом	56

6. Індивідуальні завдання

Не передбачені навчальним планом.

7. Методи навчання

Лекції та практичні заняття проводяться аудиторно або дистанційно (за допомогою платформи ZOOM) відповідно до наказів ректора Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна.

8. Методи контролю

Поточне опитування, контрольна робота (1) та підсумковий контроль – екзамен..

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання					Екзамен	Сума
Теми 1-4	Теми 5-9	Теми 10-13	Контрольна робота	Разом		
15	15	15	15	60	40	100

Мінімальна кількість балів для допуску до складання підсумкового контролю програмою не передбачена.

Критерії оцінювання

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	
	Оцінка	Пояснення
90 – 100	Відмінно	Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані, всі навчальні завдання, які передбачені програмою навчання виконані в повному обсязі, відмінна робота без помилок або з однією незначною помилкою.
70 – 89	Добре	Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, всі навчальні завдання, які передбачені програмою навчання виконані, якість виконання жодного з них не оцінено мінімальним числом балів, деякі види завдань виконані з помилками, робота з декількома незначними помилками, або з однією – двома значними помилками.
50 –69	Задовільно	Теоретичний зміст курсу освоєний не повністю, але прогалини не носять істотного характеру, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, більшість передбачених програмою навчання навчальних завдань виконано, деякі з виконаних завдань, містять помилки, робота з трьома значними помилками.
1–49	Незадовільно	Теоретичний зміст курсу не освоєно, необхідні практичні навички роботи не сформовані, всі виконані навчальні завдання містять грубі помилки, додаткова самостійна робота над

		матеріалом курсу не приведе до значимого підвищення якості виконання навчальних завдань, робота, що потребує повної переробки
--	--	---

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка за національною шкалою	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендована література

Основна література

1. Burago Y.D., Zalgaller V.A., *Theory of surfaces*. Springer, 1992
2. Lee J.M. *Riemannian manifolds*. Springer, 1997
3. Jost J., *Riemannian geometry and geometric analysis*. Springer, 2005
4. Gallot S., Hulin D., Lafontaine J., *Riemannian geometry*. Springer, 2012
5. Do Carmo M., *Riemannian geometry*. Birkhauser, 1993
6. Chavel I., *Riemannian geometry: a modern introduction*. CUP, 2006

Допоміжна література

1. Efimov N.V., Rozendorn E., *Linear Algebra and Multidimensional Geometry*
2. Efimov N.V., *Higher Geometry*. Mir Publishers, 1980
3. Dubrovin B.A., Fomenko A.T., Novikov S.P., *Modern geometry – methods and applications*. Springer, 1991
4. Wolf J.A., *Spaces of Constant Curvature*. AMS, 2010